4°)

a- Les points vibrant en quadrature de phase sont distants de $(2k+1)\frac{\lambda}{4}$. La plus petite distance est $\Delta x = \frac{\lambda}{4}$

Donc $\lambda = 4\Delta x = 24cm$ et $v = \lambda.N = 24ms^{-1}$

b- M vibre en quadrature retard avec S

$$\Rightarrow \varphi_s - \varphi_M = \frac{\pi}{2} + 2k\pi$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + 2k\pi \Rightarrow x = (k + 1/4)\lambda$$

$$0 \le x \le L = 1m \Rightarrow -0,25 \le k \le 3,9 \Rightarrow$$

k	0	1	2	3
x	$\frac{\lambda}{4} = 6cm$	$\frac{5\lambda}{4} = 30cm$	$\frac{9\lambda}{4} = 54cm$	$13\frac{\lambda}{4} = 78cm$

5°)

a- Le point M_1 commence à vibrer à la date $t_1 = \frac{x_1}{v}$

$$\rightarrow t_1 = 0,025s \Rightarrow x_1 = v.t_1 = 24x0,025 \Rightarrow x_1 = 0,6m$$

A l'instant t_2, l'onde a avancé de $x_F = vt_2 = 3\lambda = 72cm$

$$\Rightarrow t_2 = x_F / v = 0,72/24 \Rightarrow t_2 = 3T = 3.10^{-2}s.$$

b- Entre t_2 et $t_3 = t_2 + T/4$, l'onde avance de $\frac{\lambda}{4} = 6cm$.

Le front d'onde devient $x_3 = 3,25\lambda = 78cm$.

6°) La sinusoïde des espaces à t_2 a pour équation :

$$y(x) = a.\sin\left(-\frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi\right) \text{ pour } 0 \le x \le 3\lambda.$$

$$\text{pour } x = \frac{\lambda}{4} \quad y = a.\sin\left(-\frac{\pi}{2} + \varphi\right) = -a$$

$$\Rightarrow -\frac{\pi}{2} + \varphi = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi = 0$$

$$\text{donc } y(x) = a.\sin\left(-\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad 0 \le x \le 3\lambda.$$

Cherchons les points M tels que $y_M(t_2) = -\frac{a}{2}$ et $v_M(t_2) < 0$

Graphiquement : En chacun de ces points, la courbe y(x) est croissante. On trouve 3 points :

$A(x_A = 10cm)$, $B(x_B = 34cm)$ et $C(x_C = 58cm)$

Par calcul

$$y_M(t_2) = \frac{-a}{2}$$

$$\Rightarrow y(x) = a\sin(-\frac{2\pi x}{\lambda}) = -\frac{a}{2} \Rightarrow \sin(-\frac{2\pi x}{\lambda}) = -\frac{1}{2}$$